

Kazimiera HAMBERGER, Barbara KWIECIŃSKA

Petrografia węgla brunatnych w świetle uchwał Komisji Węgla Brunatnych ICCP

Badania dotyczące budowy petrograficznej i klasyfikacji składników mikroskopowych węgla brunatnych pozostawały do ostatniego dziesięciolecia daleko w tyle za znajomością petrograficzną węgla kamiennych. Intensywny rozwój tych badań nastąpił dopiero w drugiej połowie lat sześćdziesiątych od rozpoczęcia pracy przez Komisję Węgla Brunatnych przy Międzynarodowym Komitecie Petrografii Węgla (International Committee for Coal Petrology — ICCP). Powierzono jej zadanie opracowania klasyfikacji oraz ujednoczenia nomenklatury petrograficznej węgla brunatnych. Propozycje tej Komisji zostały przedłożone do dyskusji na XXII Sesji ICCP w Warnie (1969) i zatwierdzone na XXIII Sesji w Liege (1970).

W artykule przedstawiamy obecny stan badań petrografii węgla brunatnych w oparciu o prace dwóch ostatnich Sesji ICCP. Podajemy w nim charakterystykę procesów rozkładu roślinnego materiału tkankowego: humifikacji i żelifikacji, a następnie omawiamy grupy, podgrupy i macerały węgla brunatnych. Szczegółowa systematyka petrograficzna węgla brunatnych została opracowana głównie dla składników mikroskopowych grupy huminitu.

Humifikacja jest to proces rozkładu roślinnego materiału tkankowego zapoczątkowany już w stadium torfienia. Stanowi przemianę celulozy i ligniny oraz substancji ubocznych w składniki huminowe (kwasy huminowe, huminy). Jego skutki zaznaczają się w obrazach mikroskopowych w świetle odbitym wzrostem refleksyjności, obniżeniem intensywności fluorescencji i zanikiem anizotropii celulozy.

Żelifikacja stanowi stadium przemiany materiału tkankowego, które przejawia się pęcznieniem i zanikiem komórek, aglutynacją i homogenizacją masy roślinnej. Jest to proces peptyzacji i powstania żelu z substancji huminowych. W obserwacjach mikroskopowych ujawnia się nieznacznym wzrostem refleksyjności. Żelifikacja jest zapoczątkowaniem witrinizacji. W odniesieniu do torfów i miękkich węgla brunatnych zależnie od facji (lądowa, podwodna), obecności pewnych kationów (Na, Ca), nawilgocenia, warunków oksydacji i pierwotnego materiału

roślinnego zachodzi żelifikacja biochemiczna. W stadium twardych węgla brunatnych następuje żelifikacja geochemiczna, która zapoczątkowuje proces uwęglenia, wywołany temperaturą i czasokresem ciśnienia.

W humusowych węglach brunatnych nie wyróżnia się litotypów ze względu na brak budowy pasemkowej, a klasyfikację opiera się głównie na stopniu rozkładu materiału roślinnego (M. Teichmüller, 1950). Składniki węgla brunatnych (tab. 1) ujmują się w grupy macerałów

Tabela 1

Składniki mikroskopowe węgla brunatnych

| Grupa macerałów | Podgrupa macerałów | Maceraly | Submaceraly |
|-----------------|--------------------|---|------------------------------|
| Huminit | Humotelinit | { Tekstynit Ulninit | { Tekstoulminit Euulminit |
| | Humodetrynit | { Atrynit Densynit | |
| | Humokolinit | { Żelinit Korpohuminit | |
| Liptynit | — | Sporynit Kutynit Rezynit Liptodetrynit Chlorophyllinit Alginat | |
| Inertynit | — | Fuzynit Makrynit Sklerotynit Inertodetrynit | |

(jednostki wyższego rzędu), podgrupy macerałów (jednostki niższego rzędu) i maceraly. Uwzględnia się ponadto jeszcze dalszy, bardziej szczegółowy podział macerałów na rodzaje i odmiany.

Huminit stanowi zasadniczą grupę macerałów węgla brunatnych i zawiera składniki humusowe pochodzące z rozkładu materiału lignino-celulozowego. Charakteryzuje się dużą zawartością kwasów huminowych i skłonnością do żelifikacji (M. Teichmüller, 1968). W procesie karbonifikacji huminit stanowi zazwyczaj stadium przejściowe do wityrnytu węgla kamiennych. W obrazach mikroskopowych w płytkach cienkich huminit okazuje barwę brunatnożółtą do czerwono-brunatnej, a w świetle odbitym odznacza się słabą refleksyjnością. Grupa huminitu obejmuje trzy podgrupy: humotelinit, humodetrynit i humokolinit. Charakterystyka podgrup macerałów przedstawia się następująco:

Humotelinit wykazuje strukturę komórkową i stanowi stadium przejściowe do telinitu węgla kamiennych.

Humodetrynit składa się z najdrobniejszych ($< 10 \mu$) okruchów humusowych i jest produktem wyjściowym dla witrodetrynitu węgla kamiennych.

Humokolinit jest bezstrukturalnym żelem pochodzącym z tzw. tkankowego detrytusu humusowego. Występuje w postaci jednorodnej masy wypełniającej pierwotne szczeliny, pory i wnętrza komórek. Humokolinit stanowi stadium przejściowe do submacerałów grupy kolinitu węgla kamiennych.

Tekstynit jest macerałem podgrupy humokolinitu (E. Sontag, E. Tzschoppe, H. J. Christoph, 1965). Występuje w postaci izolowanych fragmentów tkanki roślinnej o rozpoznawalnym kształcie, jakkolwiek ścianki komórek mogą być zdeformowane i porozrywane. Refleksyjność jego jest zmienna i zależna od botanicznego pochodzenia tkanki. W procesie uwęglenia refleksyjność wzrasta początkowo wolno, a następnie bardzo szybko. W świetle przechodzącym wykazuje silną anizotropię i barwę jasnobrunatną, natomiast w świetle odbitym jest izotropowy. W immersji okazuje barwę ciemnoszarą z odcieniem brunatnym względnie czerwobrunatnymi refleksami wewnętrznymi. Fluorescencja występuje w odcieniach brunatnych o intensywności słabszej od macerałów grupy inertynitu.

W tekstynitach występują w zmiennych ilościach żywice, kutyna, suberyna i garbniki. Zawartość celulozy waha się w granicach 25—45%, popiołu 0,2—0,5%, a wydajność prasmoły na substancję bezwodną wynosi 22—26%. Tekstynit jest produktem uwęglenia ścian komórek odpornych na rozkład (drewno szpilkowe) i chronionych przed utlenieniem (np. korzenie). Odporność na rozkład zawdzięcza impregnacji żywicą, kutyną, suberyną względnie garbnikami, jak w przypadku drzew selkwoi. W tekstynicie można odróżnić charakter drewna, np. tkankę roślin *Macroduria* i *Draceneae*.

W stadium matowych węgla brunatnych tekstynit przechodzi w ulmit, natomiast w stadium brunatnych węgla błyszczących i węgla kamiennych — w telinit i telokolinit. Macerał ten posiada dobrze zachowaną budowę komórkową. Występuje w dużych ilościach we wszystkich węglach brunatnych, zwłaszcza w odmianach bogatych w ksylity i w warstewkach powstałych z drzew szpilkowych w facji mokradeł leśnych. W ksylitach długowłóknistych spotyka się tekstynity o słabej refleksyjności i silnej fluorescencji. W węglach brunatnych powstałych w warunkach podwodnych tekstynit występuje tylko w pojedynczych skupieniach, stanowiących tkankę korzeni.

W procesach technologicznych macerał ten zachowuje się elastycznie, źle rozkrusza się i gromadzi we frakcji gruboziarnistej. Zdolność do brykietowania maleje wraz z rozwojem diagenety. Dzięki dużej zawartości celulozy i żywic wykazuje znaczną wydajność prasmoły i gazu. Skłonność do koksovania wzrasta wraz ze stopniem żżelifikowania i uwęglenia. W procesie koksovania 50—75% tekstynitu przechodzi w fuzynit i tym samym powiększa ścieralność i rozpad kawałkowy koksu.

Tekstynit jest odporny na wietrzenie, przy czym z odmian bogatych w huminy i ubogich w celulozę wypadają żele (żelinit), które przy wy-

sychaniu rozpadają się w ostrokrawędziste okruchy. Przez stwierdzenie botanicznej przynależności tkanki tekstynitu można określić wiek węgla brunatnego.

Ulminit. Następnym macerałem podgrupy huminitu występuje w postaci mniej lub bardziej żelifikowanej tkanki roślinnej, której struktura jest jeszcze widoczna w świetle odbitym. Pojedyncze komórki o zmiennej wielkości posiadają światła wewnątrz częściowo lub całkowicie zamknięte. W procesie wstępnego rozkładu grubość ścian komórek jest większa aniżeli w tekstynicie tego samego typu. Charakterystyczne są pęknięcia żelowe (szczelinki kontrakcyjne). W trakcie homogenizacji pierwotna struktura komórek ulega zanikowi. Refleksyjność jest silniejsza aniżeli u tekstynitu tych samych węgla i odpowiadających mu odmian.

Ze względu na stopień żelifikowania wyróżnia się dwa rodzaje submacerałów: tekstoulminit i euulminit (ulminit dopleretyczny).

Textoulminit jest składnikiem na wpół żelifikowanym, odznacza się słabo widoczną, ale jeszcze rozpoznawalną strukturą komórkową.

Euulminit posiada światła komórek całkowicie zamknięte i przypomina telinit węgla kamiennych. Różnice między odmianami ulminitu wykazują również analizy chemiczne: tekstoulminit zawiera 4—6% popiołu w przeliczeniu na substancję bezwodną, około 12% prasmoły, 8% celulozy i 55% huminów, podczas gdy euulminit w tych samych warunkach zawiera 3% popiołu, 4% celulozy, około 12% prasmoły i 33% huminów (M. Süß, 1959). Barwa ulminitu w świetle odbitym w immersji jest ciemnoszara, rzadko posiada odcień brązowy, a w świetle przechodzącym jest żółtobrązowa do czerwono-brązowej. Fluorescencja bardzo słaba, ciemnobrązowa. Anizotropia, wywołana naprężeniami, pojawia się tylko w euulminicie w świetle przechodzącym.

Ulminit składa się z kwasów huminowych, humatów oraz pozostałości ligniny i celulozy. Powstał w procesie torfienia i diagenetyzacji z tkanki roślinnej przez humifikację ligniny i celulozy (P. P. Timofiejew, W. S. Jabłokow, L. J. Bogolubowa, 1962). W przypadku ulminitu można odróżnić typy tkanek (parenchymę, sklerenchymę, drewno, korę), lecz bez przynależności botanicznej. Tkanika parenchymy jest szczególnie skłonna do tworzenia ulminitu. Powstanie submacerału znajduje korzystne warunki w warstwach podwodnych, zwłaszcza w środowisku bogatym w ropy i wapień. Ulminit występuje w torfie oraz w miękkich węglach brunatnych, zwłaszcza o dużej ilości ksylicy i w węglach bogatych w CaCO_3 i NaCl . W subakwaticznych osadach ilów i margli tworzy wkładki węglowe.

Ze wzrostem uwęglenia miękkich węgla brunatnych ulminit przechodzi w *telozelinit*, natomiast w stadium węgla kamiennych w *telinit* i częściowo w *telokolinit*. Wraz z uwęgleniem wzrasta stopień refleksyjności, natomiast maleje wyrazistość struktur roślinnych. Wzrost żelifikacji ulminitu obniża zdolność do brykietowania, skłonność do koksowania w wysokich temperaturach oraz wydajność prasmoły. W procesie diagenetyzacji te niemożliwość wzrastają.

Atrynit jest macerałem podgrupy humodetrynitu. Występuje w postaci drobnych detrytycznych cząsteczek pochodzenia huminowego, o różnych kształtach, na ogół mniejszych od 10μ . Niejednokrotnie są to okruchy komórek, częściej jednak fragmenty nie ukształtowanej, porowatej substancji humusowej. Stanowi masę zasadniczą dla innych skład-

ników węgla brunatnych. W świetle przechodzącym okazuje barwę żółtą do czerwono-brunatnej, a w świetle odbitym — ciemnoszarą. Luminescencji nie wykazuje względnie bardzo słabą, ciemnobrunatną.

Densynit — dalszy macerał grupy humodetrynitu składa się również z detrytycznych cząsteczek pochodzenia huminowego, przeważnie mniejszych od 10μ . W skład jego wchodzi okruchy ścian komórek (większe od 10μ) oraz substancja zbita, nie ukształtowana, prawie homogeniczna. Podobnie jak atrynit stanowi rodzaj masy zasadniczej dla innych macerałów węgla brunatnych. W świetle przechodzącym posiada barwę żółtą do jasnoczerwono-brunatnej, w świetle odbitym jest szary, izotropowy.

Densynit zaliczany jest do głównych składników węgla brunatnych. W przeciwieństwie do atrynitu nabiera znaczenia w odmianach twardych węgla brunatnych, zwłaszcza ubogich w ksylit. Powstaje w warunkach słabo aerobowych do lekko anaerobowych o zmiennym stopniu nawilgocenia. Wyjściowy materiał roślinny dostarczany był w zasadzie przez rośliny zielne i drewno roślin okrytonasiennych. Wykazuje duże skłonności do rozdrabniania. Własności technologiczne densynitu stopniowo pogarszają się ze wzrostem uwęglania.

Żelinit stanowi składnik podgrupy humokolinitu. Nie posiada określonego kształtu, wypełnia wnętrza komórek i puste przestrzenie. Okruchy żelinitu mają wielkość 10μ . W zależności od tekstury wyróżnia się: *porizelinit* — bardzo drobno porowaty, nawet mikroziarnisty i *lewizelinit* — prawie bezstrukturalny, homogeniczny, o strukturze smugowej. Obie odmiany w płytkach cienkich w świetle przechodzącym posiadają barwę żółtą do czerwono-brunatnej zależnie od grubości płytki. W świetle odbitym w immersji porizelinit jest jasnoszary lub umiarkowanie szary, a lewizelinit jest znacznie jaśniejszy, prawie biały. Wykazuje bardzo słabą luminescencję. Refleksyjność jego jest zmienna i waha się w granicach 0,25 — 0,50% (w immersji). Anizotropia występuje tylko w świetle przechodzącym jako cecha wynikająca z naprężenia. Gęstość, przy zawartości popiołu 6—12%, wynosi średnio 1,33 (1,26—1,45).

Chemizm żelinitu jest zależny od stopnia karbonifikacji oraz od facyjnych i regionalnych stosunków złoża węglowego. W stadium węgla brunatnych twardych (matowe i błyszczące) przechodzi wraz z humodetrynitem w kolinit. Wskutek tego wzrasta refleksyjność i anizotropia, a luminescencja zanika.

Żelinit występuje w zmiennej ilości w węglach brunatnych, wypełniając szczeliny kontrakcyjne i wnętrza korzeni. Jest to utwór syn- i epigenetyczny. Stanowi produkty wydzielające się z roztworów huminowych lub w pełni zżelifikowane fragmenty roślin. Z punktu widzenia genezy wyróżnia się *telożelinit*, *detrożelinit* i *eużelinit*. W węglach brunatnych ziemistych 99% żelinitu stanowi eużelinit. Przy rozdrabnianiu miękkich węgla brunatnych żelinit gromadzi się we frakcji najdrobniejszej. Przy brykietowaniu powoduje osłabienie zwięzłości brykietów, podczas gdy w procesach gazowania i kokoswania w wysokich temperaturach jest przyczyną silnego obniżenia mechanicznej wytrzymałości i twardości kokosów.

Korpo huminit jest również macerałem podgrupy humokolinitu. Są to występujące *in situ* lub izolowane, phlobaphenitowe wydzieliny

komórkowe oraz wtórne huminowe wypełnienia komórek. Skupienia korpohuminitu mają kształt kulisty, eliptyczny, słupkowy lub płatowy, a ich wymiary odpowiadają wielkości komórek. Formy okrągłe posiadają często wielkość 15×15 do $40 \times 40 \mu$, a formy wydłużone 15×22 , 20×30 do $30 \times 170 \mu$. Powierzchnia korpohuminitu jest gładka, porowata, kawernowa lub pokryta bliznami. Ze względu na pochodzenie wyróżnia się dwie odmiany: *phlobaphinit*, jako pierwotne wydzieliny komórek, które można wyprowadzić z polikondensatów produktów garbnikowych, *pseudophlobaphinit*, jako wtórne wypełnienia komórek, pochodzące z koloidów humusowych. Pseudophlobaphinit posiada chemiczne własności żelinitu.

Barwa korpohuminitu w świetle przechodzącym jest ciemnoczerwona do brunatnej, zależnie od substancji wyjściowej. W świetle odbitym jest szara do jasnoszarej i białoszarej. Fluorescencji brak, anizotropia nie występuje, refleksyjność silna (0,18 — 0,57% w immersji). Gęstość 1,27.

Korpohuminit z zagłębia Percepsbanya na Węgrzech (L. Soós, 1964) zawiera 64,8% C, 5,6% H i 29,6% O (wag.), przy zawartości popiołu 3,1%. Jest zazwyczaj nierozpuszczalny, lecz np. w ciepłym ługu zmienia barwę, stając się nieprzejrzysty.

Korpohuminit pochodzi z bogatych w garbniki wydzielin komórkowych, które wytrącają się w komórkach kory i parenchymy (promieni rdzeniowych), a zwłaszcza w tkankach korkowych. Garbniki występują w porostach, glonach, grzybach i paprociach, a w większych ilościach w roślinach wyższego rzędu, np. w sekwojach, sosnach, *Taxodium* itp. Korpohuminit znajduje się prawie we wszystkich węglach brunatnych i w torfach. W większej ilości (ponad 10%) występuje w ksylytach drzew szpilkowych.

Następną grupę macerałów stanowi liptynit, w którego skład wchodzi składniki bitumiczne (bogate w wodór), a więc żywice, woski, pyłki, spory, kutikule, skutykizowane i zsuberynizowane ścianki komórek oraz bogate w tłuszcze glony. Odporne na rozkład nie ulegają zmianie w stadium węgla brunatnych i nie zmienione przechodzą jako rezynit, sporynit, kutynit, liptodetrynit lub alginic do węgla kamiennych. Składniki te, jako znane z węgla kamiennych, nie wymagają specjalnego opisu.

Odrębnym składnikiem właściwym dla węgla brunatnych jest chlorophyllinit (H. Jacob, 1961). Chlorophyllinit tworzy przeważnie małe, okrągłe cząsteczki o średnicy 1—5 μ , a w wyjątkowych przypadkach może dochodzić do 100 μ . Charakterystyczną jego cechą jest czerwona barwa luminescencji. W płytkach cienkich, w gęstych skupieniach jest łatwo rozpoznawalny po bladej barwie.

Z macerałów grupy inertynitu w węglach brunatnych występują: fuzynit, makrynit, sklerotynit i inertodetrynit. Znane są one również z węgla kamiennych i dlatego pomijamy ich opis. Mikrynit, który jest częstym składnikiem węgla kamiennych (M. Teichmüller, 1950), nie występuje w węglach brunatnych.

Międzynarodowy Komitet Petrologii Węgla postawił sobie zadanie nie tylko opracowania i usystematyzowania składników mikroskopowych

węgli brunatnych, którą to pracę wykonała Komisja Węgla Brunatnych, lecz także podjął próby przeprowadzenia paralelizacji tych składników ze składnikami węgla kamiennych. Prace nad ujednoczeniem klasyfikacji i nomenklatury petrograficznej składników węgla brunatnych ze składnikami węgla kamiennych nasuwają duże trudności. Przyczyną tego jest fakt, że węgle brunatne o niższym stopniu karbonifikacji i rozkładu materiału roślinnego zawierają znacznie więcej składników mikroskopowych o lepiej zachowanych cechach morfologicznych aniżeli węgle kamienne.

Politechnika Śląska
Gliwice, ul. Katowicka 2
Akademia Górniczo-Hutnicza
Kraków, al. Mickiewicza 30
Nadesłano dnia 24 lipca 1971 r.

PIŚMIENNICTWO

- JACOB H. (1961) — Neuere Ergebnisse der Braunkohlen und Torf-Petrographie. Gedanken zur Maceral Klassifikation. Geol. Rundsch., 51, p. 530—546. Stuttgart.
- MATERIAŁY Z XXII SESJI ICCP (1969) — Summary Report of the meeting of the International Commission on Coal Petrology Varna, Bulgaria.
- MATERIAŁY Z XXIII SESJI ICCP (1970) — Internationale Kommission für Kohlenpetrologie, Nomenklatur — Kommission.
- SONTAG E., TZSCHOPPE E., CHRISTOPH H. J. (1965) — Beitrag zur mikropetrographischen Nomenklatur und Analyse der Weichbraunkohle. Z. angew. Geol., 11, p. 648—658. Berlin.
- SOÓS L. (1964) — A melanorenizyt köszénkémiái és szénközettani vizsgálatá. (Die kohlenchemische und kohlenpetrographische Untersuchungen des Melanoresinit's). Köszén és kőolaj anyagismereti monografia sorozat. Budapest.
- SÜSS M. (1959) — Zur Petrographie des Xylites. Freib. Forsch. K. A., 148, p. 14—33. Freiberg.
- TEICHMÜLLER M. (1950) — Zum Petrographischen Aufbau und Werdegang der Weichbraunkohle (mit Berücksichtigung genetischer Fragen der Steinkohlenpetrographie). Geol. Jb., 64, p. 429—488. Hannover (Celle).
- TEICHMÜLLER M. (1968) — Zur Petrographie und Diagenese eines fast 200 m mächtigen Torfprofils (mit Übergängen zur Weichbraunkohlen?) im Quartär von Philippi (Mazedonien). Geol. Mitt., 8, p. 65—110. Aachen.
- TIMOFEEV P. P., YABLOKOV V. S., BOGOLIUBOWA L. J. (1962) — Die Entstehung und die genetische Klassifikation von Humuskohlen in den Hauptbecken der UdSSR. Brennstoff-Chemie, 43, p. 97—105. Essen.

Казимера ХАМБЕРГЕР, Барбара КВЕЦИНЬСКА

**ПЕТРОГРАФИЯ БУРЫХ УГЛЕЙ
В СВЕТЕ РЕШЕНИЙ КОМИССИИ БУРЫХ УГЛЕЙ
МЕЖДУНАРОДНОГО КОМИТЕТА ПЕТРОГРАФИИ УГЛЯ (ИССР)**

Резюме

Представлено состояние петрографических исследований бурых углей на основании работ XXII Сессии Международного Комитета Петрографии Угля (ИССР), состоявшейся в Варне (1969), и XXIII Сессии, состоявшейся в Льеж (1970). Приведена характеристика процессов распределения растительного материала и описаны группы, подгруппы и мацералы бурых углей.

Kazimiera HAMBERGER, Barbara KWIECIŃSKA

**PETROGRAPHY OF BROWN COALS IN THE LIGHT OF RESOLUTIONS
OF THE COMMITTEE FOR BROWN COALS, ICCP**

Summary

Situation in the research of brown coal petrography is presented in the light of the works of the XXII Session of the International Committee for Coal Petrology (ICCP) held in Varna (1969), and of the XXIII Session held in Liege (1970). Characteristic features of decay process of vegetal material are given, and groups, subgroups and macerals of brown coals are discussed.